

日 本 国 特 許 庁  
PATENT OFFICE  
JAPANESE GOVERNMENT

#2  
Priority  
Lythion  
J-2202

U.S. PTO  
11033  
09/843258  
04/25/01

別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されている事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed with this Office.

出 願 年 月 日

Date of Application:

2001年 2月 5日

出 願 番 号

Application Number:

特願2001-027878

出 願 人

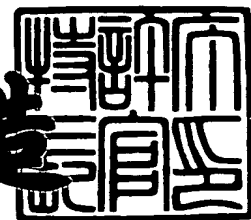
Applicant (s):

松下電器産業株式会社

2001年 3月 9日

特許庁長官  
Commissioner,  
Patent Office

及 川 耕 造



出証番号 出証特2001-3016801

【書類名】 特許願

【整理番号】 2022020422

【提出日】 平成13年 2月 5日

【あて先】 特許庁長官殿

【国際特許分類】 H01F 27/00  
H01F 29/00

【発明者】

    【住所又は居所】 大阪府門真市大字門真 1 0 0 6 番地 松下電器産業株式  
                                会社内

    【氏名】 井上 修

【発明者】

    【住所又は居所】 大阪府門真市大字門真 1 0 0 6 番地 松下電器産業株式  
                                会社内

    【氏名】 加藤 純一

【発明者】

    【住所又は居所】 大阪府門真市大字門真 1 0 0 6 番地 松下電器産業株式  
                                会社内

    【氏名】 松谷 伸哉

【発明者】

    【住所又は居所】 大阪府門真市大字門真 1 0 0 6 番地 松下電器産業株式  
                                会社内

    【氏名】 高橋 岳史

【特許出願人】

    【識別番号】 000005821

    【氏名又は名称】 松下電器産業株式会社

【代理人】

    【識別番号】 100097445

    【弁理士】

    【氏名又は名称】 岩橋 文雄

【選任した代理人】

【識別番号】 100103355

【弁理士】

【氏名又は名称】 坂口 智康

【選任した代理人】

【識別番号】 100109667

【弁理士】

【氏名又は名称】 内藤 浩樹

【手数料の表示】

【予納台帳番号】 011305

【納付金額】 21,000円

【提出物件の目録】

【物件名】 明細書 1

【物件名】 要約書 1

【包括委任状番号】 9809938

【書類名】 明細書

【発明の名称】 電気絶縁性複合磁性体材料、インダクタンス素子およびその製造方法

【特許請求の範囲】

【請求項 1】 少なくとも、Fe、Ni、Coの合計が90重量%以上の金属磁性体粒子と、1種類以上の絶縁性物質と、熱硬化性樹脂よりなり、前記金属磁性体粉末の体積分率が65～90体積%であり、絶縁性物質の体積分率が、1～15体積パーセントである事を特徴とする電気絶縁性複合磁性体材料。

【請求項 2】 前記金属磁性体粉末が、Si、Al、Crより選ばれた1種類以上を含む事を特徴とする請求項 1 記載の電気絶縁性複合磁性体材料。

【請求項 3】 前記熱硬化性樹脂が未硬化時、常温で液状の樹脂と固体の樹脂の混合物よりなる事を特徴とする請求項 1 または 2 に記載の電気絶縁性複合磁性体材料。

【請求項 4】 前記絶縁性物質の少なくとも1種類以上が、潤滑性を有する粉末である事を特徴とする請求項 1 から請求項 3 のいずれかに記載の電気絶縁性複合磁性体材料。

【請求項 5】 潤滑性を有する絶縁性粉末が、テフロン粉末、タルク粉末またはBN粉末より選ばれた1種類以上である事を特徴とする請求項 4 記載の電気絶縁性複合磁性体材料。

【請求項 6】 コイル導体が請求項 1 から請求項 5 のいずれかに記載の電気絶縁性複合磁性体中に埋設されている事を特徴とするインダクタンス素子。

【請求項 7】 少なくとも金属磁性体粉末と絶縁性粉末を混合する工程と、これに未硬化状態の熱硬化性樹脂を混合して顆粒状に製粒する工程と、この顆粒を金型を用いて、内部にコイルを内蔵するように加圧成形する工程と、加熱により熱硬化性樹脂を硬化させる工程を含む事を特徴とする請求項 6 に記載のインダクタンス素子の製造方法。

【請求項 8】 少なくとも金属磁性体粉末に未硬化状態の熱硬化性樹脂を混合して顆粒状に製粒する工程と、この顆粒に絶縁性粉末を混合する工程と、この混合粉末を金型を用いて、内部にコイルを内蔵するように加圧成形する工程と、加

熱により熱硬化性樹脂を硬化させる工程を含む事を特徴とする請求項 6 に記載のインダクタンス素子の製造方法。

【請求項 9】少なくとも金属磁性体粉末に絶縁性粉末の一部を混合する工程と、これに未硬化状態の熱硬化性樹脂を混合して顆粒状に製粒する工程と、この顆粒に残りの絶縁性粉末を混合する工程と、この混合粉末を金型を用いて、内部にコイルを内蔵するように加圧成形する工程と、加熱により熱硬化性樹脂を硬化させる工程を含む事を特徴とする請求項 6 に記載のインダクタンス素子の製造方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】

本発明は、電子機器のインダクタ、チョークコイル、トランスその他に用いられる磁性素子、特に大電流用小型磁性素子とその製造方法に関するものである。

【0002】

【従来の技術】

電子機器の小型薄型化に伴い、これらに用いられる部品やデバイスも小型化、薄型化することが強く求められている。一方、CPUなどのLSIは高集積化してきており、これに供給される電源回路には数A～数十Aの電流が供給されることがある。従って、これらに用いられるチョークコイル等のインダクタにおいても、小型化要求と共に、これに反する、コイル導体の断面積を大きくして低抵抗化を実現することと、直流重畳によるインダクタンスの低下が少ないことが必要とされている。また、使用周波数が高周波化しており、高周波での損失の低いことが求められる。さらに、部品のコストを安くすることが強く求められ、単純な形状の部品構成素子を簡単な工程で組み立てられることが必要となっている。すなわち、大電流、高周波で使用可能であり、かつ、極力小型、薄型化したインダクタを安価に供給することが求められている。

【0003】

インダクタのインダクタンスは、トロイダル形状のコアに巻き線を施した場合、次式で表される。

## 【0004】

$$L \sim \mu \times S \times N^2 / r$$

ここで、 $L$ はインダクタンス、 $\mu$ は透磁率、 $S$ は磁路断面積、 $N$ は巻き線数、 $r$ は磁路長である。この式より、大きな $L$ 値を得るためには、透磁率 $\mu$ を高く、磁路断面積 $S$ を大きく、巻き線数 $N$ を大きく、磁路長 $r$ を小さくすれば良い事が分かる。

## 【0005】

しかしながら、透磁率を大きくすると、わずかな電流値でも磁束密度が飽和してしまい、それ以上の電流値では透磁率が低下するため、直流重畳特性が劣化する。磁路断面積を大きくする事は、小型化に反し、また同一巻き線数では、導線長さが長くなって、高抵抗となる。これを防ぐために断面積の大きい導線を用いることは、さらに小型化に反する。巻き線数を増やすことは、小型化に反すると共に、高抵抗となる。磁路長を短くする事は小型化にはつながるが、巻き線数を増やす事が出来なくなる。従って、小型で大 $L$ 、良好な直流重畳特性を持ち、巻き線抵抗が低く、高周波まで使用可能なインダクタは実現が困難である。

## 【0006】

次に、実際に使用されているインダクタの問題点について述べる。まず、最も一般的に使用されている、EE型やEI型のフェライトコアとコイルを利用する方法では、フェライト材料が、比較的透磁率が高く、かつ飽和磁束密度が金属磁性材料に比べて低いため、そのまま使用すると、磁気飽和によるインダクタンスの低下が大きく、直流重畳特性が悪い。そこで、直流重畳特性を改善するために、通常コアの磁路のどこかに空隙を設け、見かけの透磁率を下げた使用が行われている。

## 【0007】

次にコア材料として、フェライトよりも飽和磁束密度が大きいFe-Si-Al系合金、Fe-Ni系合金等を用いる方法では、これらの金属系材料は、電気抵抗が低いので、最近のように使用周波数が数百kHz～MHzと高周波化してくると、渦電流損失が大きくなって、そのままでは使用できない。このため、薄体化したものを絶縁層を介して積層化するか、あるいは粉末化したものを、高密

度に成形した、いわゆるダストコア、あるいは樹脂中に磁性粉末を分散させたコンポジット磁性体を用いられている。

【0008】

【発明が解決しようとする課題】

しかしながら上記の方法のうち、フェライト材料を用いて磁路のどこかに空隙を設け、見かけの透磁率を下げて使用する方法では、交流で駆動した時に、この空隙部分でコアが振動してノイズ音が発生する。また、透磁率を下げて飽和磁束密度は低いままなので、直流重畳特性は金属磁性体より悪いといった問題点がある。金属磁性体の薄体を絶縁層を介して積層化する方法は、高飽和磁束密度ではあるが、透磁率が高いためにギャップは必要であり、また高周波で使用可能な薄体は十分薄い必要があるので高コストとなり、かつ複雑な形状を作製する事が不可能という問題点がある。

【0009】

ダストコアは、飽和磁束密度は高いが、十分高い飽和磁束密度と実用的な透磁率を得るためには、成型時に  $10\text{ t/cm}^2$  程度以上の非常に高い圧力をかけて緻密化させる必要があり、このため特殊な高強度金型が必要となり、また複雑な形状を作製しにくい。さらに、それ自体はそれほど電気抵抗が高くないために、絶縁の必要があるといった問題点がある。

【0010】

コンポジット磁性体は、高電気抵抗率であり、コイル導体埋設による磁路断面積拡大も期待でき、かつ作製も比較的容易であるが、磁性体の占める体積分率が、高くても60～65%程度止まりであるために、飽和磁束密度はそれほど高くなり、また透磁率も低いといった問題点がある。

【0011】

本発明は以上の各問題点に鑑み、小型でインダクタンス値が大きく、かつ直流重畳特性の優れた磁性素子を得ることを目的とするものである。

【0012】

【課題を解決するための手段】

上記の課題を解決するために、本発明の電気絶縁性複合磁性体材料は、少なく

とも、Fe、Ni、Coの合計が90重量%以上の金属磁性体粒子と、1種類以上の絶縁性物質と、熱硬化性樹脂よりなり、前記金属磁性体粉末の体積分率が65～90体積%であり、絶縁性物質の体積分率が、1～15体積パーセントである事を特徴とする。この際、金属磁性体粉末が、Si、Al、Crより選ばれた1種類以上を含む事が望ましく、熱硬化性樹脂が、未硬化時常温で液状の樹脂と固体の樹脂の混合物よりなる事が望ましい。また、絶縁性物質の少なくとも1種類以上が、潤滑性を有する粉末、より具体的には、テフロン粉末、タルク粉末またはBN粉末より選ばれた1種類以上である事が望ましい。

## 【0013】

また、本発明の磁性素子は、コイル導体が、前記の電気絶縁性複合磁性体材料の中に埋設された、インダクタンス素子である。

## 【0014】

また、本発明の磁性素子（インダクタ素子）の製造方法は、金属磁性体粉末に未硬化状態の熱硬化性樹脂を混合して顆粒状に製粒する工程と、この顆粒を金型を用いて、内部にコイルを内蔵するように加圧成形する工程と、加熱により熱硬化性樹脂を硬化させる工程を含む。ここで絶縁性粉末は、金属磁性粉末を熱硬化性樹脂に混合する前に混合しても良いが、少なくともその一部は、金属磁性体粉末に未硬化状態の熱硬化性樹脂を混合して顆粒状に製粒した後に混合する事が、より望ましい。

## 【0015】

## 【発明の実施の形態】

以下、本発明の実施の形態を説明する。以下では、チョークコイル等に用いられる磁性素子の例について説明するが、本発明はこれに限定されるものではなく、2次巻き線の必要なトランス等に用いても、その効果を発揮するものである。

## 【0016】

まず、本願発明の複合磁性体について、実施の形態を説明する。この複合磁性体は、少なくとも、1) 磁性体本体である金属磁性体粉末、2) 1種類以上の電気絶縁性粉末、3) 熱硬化性樹脂の3種類の成分によって構成される。

## 【0017】

まず、第1の成分として、FeまたはNiまたはCoを主成分とする金属磁性粉末を用意する。具体的には、Fe粉、Fe-Al、Fe-Si、Fe-Cr、Fe-Si-Al、Fe-Ni、Fe-Co、Fe-Mo-Ni系合金等が使用できる。但し、磁性元素であるFe、Ni、Co以外の副成分が増加すると、飽和磁束密度の低下や金属粉末自体の硬化が生じるため、これらの副成分は合計で10wt%以下、より望ましくは6wt%以下が良い。しかしながら、用いる金属粉末によっては、電気抵抗値や絶縁耐圧が不足したり、錆が発生する事がある。この点からは、Si、Al、Cr、Ti、Ta等をその成分に含む金属磁性体粉末を用いると、これらの成分が表面に極わずかに存在する自然酸化皮膜に濃縮して含まれるようになり、絶縁皮膜の抵抗値や耐圧が向上し、また耐錆性も向上するために、より望ましい。

## 【0018】

特に、Fe-Si、Fe-Al、Fe-Cr系金属磁性粉を用いるか、あるいは本来これらを含まないで用いられる、Fe-NiやFe-Co系でも、少量のSiやAl、Crを含む合金組成を用いる事が望ましい。粉末の粒子径としては、1~100 $\mu$ m、より望ましくは30 $\mu$ m以下が良い。粒径が大きすぎると、高周波での渦電流損失が大きく、また厚さの薄いものとした時の強度が低下しやすいためである。こうした粉末を作製する方法としては、粉碎法でも良いが、より均一な微粉が作製できるガスアトマイズ法や水アトマイズ法が、より望ましい。

## 【0019】

次に、第2の成分である、電気絶縁性物質を用意する。この物質は、金属磁性体粉末と混合する事により、複合磁性体全体の電気抵抗を高くするためのものであり、具体的には、シランカップリング剤やチタンカップリング剤等の有機溶液系物質、または水ガラス等の無機溶液系物質で、金属磁性体粉末の表面をコーティングする方法がある。しかしながら、これらの方法は、液体を混合し乾燥させる必要があるため、工程が長くなる。これに対して、絶縁性物質として、絶縁性の粉末を混合して用いる方法は、実施が容易で低コストである。

## 【0020】

この粉末混合法は、金属磁性体粉末同士の接触確率を低下させる事によって、全体の電気抵抗を高くするので、その組成について特に限定はないが、電気絶縁性以外に、固体潤滑性を有するものが望ましい。固体潤滑性がないと、複合磁性体全体の抵抗を高くするには多量に添加する必要が生じ、金属磁性体の充填率が低下して特性が劣化する。固体潤滑剤としては、具体的には、良く用いられるステアリン酸塩（ステアリン酸亜鉛等）等があり、使用可能であるが、耐環境安定性の面からは、テフロン粉末や、タルク粉末、窒化硼素粉末が望ましい。この絶縁性粒子の磁性体全体に占める体積分率は1～20体積パーセントが望ましい。これ未満であると電気抵抗が低すぎ、これを越えると、透磁率、飽和磁束密度が低下しすぎ、不利となる。

#### 【 0 0 2 1 】

次に、第3成分として用いる樹脂は、結着性のあるものであれば何でも利用可能であるが、複合磁性体全体を成形体として固め、またインダクタとする時には、コイルを内蔵する役割を持つので、通常はその機械強度の観点から、熱硬化性樹脂を用いる事が望ましい。熱硬化性樹脂としてはエポキシ樹脂、フェノール樹脂、シリコン樹脂などが使用でき、金属磁性粉体との分散性を改善するために、分散剤等を微量添加しても良い。また、適宜、少量の可塑剤や溶剤を添加しても良い。

#### 【 0 0 2 2 】

また、未硬化時の熱硬化性樹脂が、常温で固体状の樹脂と、液状の樹脂の混合物である事が望ましい。これは、固体状の樹脂は硬化以前でも硬く、これを用いると加圧成形する時に充填率が低くなりやすく、また硬化前の接着性が低いため、コイルを内蔵化した試料では、加熱硬化時の樹脂の粘度低下によって、クラックが生じやすくなる。一方、液状の樹脂は、粉末の流動性を上げるために、混合後成形前に加熱して一度半固化する必要があるが、半固化後でも柔らかいために加圧成形が容易で、かつ半固化状態でもある程度の接着性が有り、コイルを内蔵化した試料の本硬化時でもクラックを生じにくい。ところが液状の樹脂のみでは、成形前の加熱による半固化を十分に行う必要があり、その加熱時間によって硬さが変化し、特性が不安定となりやすい。両者の混合物とする事で、短時間の半

固化処理ですみ、特性も安定で、加圧成形時の充填率も高くなり、コイルを内蔵化した試料の本硬化時でも、クラックを生じにくくなる。

## 【 0 0 2 3 】

次に、金属磁性粉末と樹脂の混合比は、金属磁性粉末の最終的な充填率に応じて変化させればよい。すなわち、

$$\text{樹脂体積\%} \leq 100 - \text{金属磁性粉末充填体積\%} - \text{絶縁粉末体積\%}$$

となるが、あまり少なすぎると強度が低下するので、少なくとも5体積%以上、より望ましくは10体積%以上が良い。一方その上限は、金属磁性粉末の充填率を65体積%以上、絶縁粉末を1体積%以上とする必要があるので、必然的に34体積%以下となり、実際には25体積%以下が良い。

## 【 0 0 2 4 】

有機樹脂成分を混合した金属磁性粉末は、そのまま用いて次の成形工程に移っても良いが、一旦メッシュ等を通して顆粒状に整粒した方が、粉末の流動性が向上するために、使用しやすい。なお、前述した液状樹脂を含む熱硬化性樹脂を用いる場合、メッシュ等を通す前に加熱し、液状樹脂を半固化しておく、と、顆粒の流動性が向上し、より望ましい。

## 【 0 0 2 5 】

金属磁性粉末と絶縁性粉末の混合については、あらかじめ両者を混合しておき、次に有機樹脂成分を混合したり、3者全てを一括で混合しても良いが、その一部を金属磁性粉末と混合し、次に有機樹脂成分を混合して、顆粒状に整粒した後、残りの絶縁性粉末を混合する事が望ましい。このようにすると、絶縁性粉末一箇所に偏析する事が無くなり、効果的に金属磁性粉末同士の接触確率を低下させる事になり、また、後添加した絶縁性粉末の潤滑性によって、顆粒の流動性が高くなって扱いやすくなり、同じ添加量では、より高抵抗、高インダクタンス値が得られやすくなる。またこの場合、有機樹脂混合前と後に添加する絶縁性粉末の種類を変える事によって、より高特性と出来る。例えば、樹脂混合前に、熱的安定性の高いタルク粉末をある程度の量添加し、混合後に、安定性は低い潤滑性の高いステアリン酸亜鉛を極少量加える事で、安定性、特性とも良好なインダクタとする事ができる。

## 【 0 0 2 6 】

次にこの顆粒を型に入れ、目的とする金属磁性粉末の充填率となるように加圧成形する。この時、充填率を高くするために加圧の圧力を高くすると、飽和磁束密度や透磁率は高くなるが、絶縁抵抗や絶縁耐圧は低下しやすくなる。一方、充填率が低すぎると、飽和磁束密度、透磁率が低くなって十分なインダクタンス値や直流重畳特性が得られない。通常、粉末を全く塑性変形させずに充填すると、その充填率は60～65%が上限であるが、この充填率では飽和磁束密度、透磁率とも低すぎる。従って、塑性変形を伴う充填、すなわち65%以上、より望ましくは70%以上の充填率とする方が良い。一方、充填率の上限は、電気抵抗率が低下しない範囲とするが、後述するようにコイルを内蔵する事を考えると、電気抵抗率は少なくとも $10^5 \Omega \cdot \text{cm}$ 程度はある事が望ましく、また加圧成型時の圧力は、金型の寿命を考えると $5 \text{ t} / \text{cm}^2$ 以下とする事が望ましいので、充填率は90%以下、より望ましくは85%以下とすれば良い。成形圧は、 $1 \sim 5 \text{ t} / \text{cm}^2$ 程度、より望ましくは $2 \sim 4 \text{ t} / \text{cm}^2$ である。

## 【 0 0 2 7 】

次に熱硬化性樹脂を用いる場合には、得られた成形体を加熱して樹脂を硬化させるが、金型中加圧成型時に、同時に熱硬化性樹脂の硬化温度まで温度を上げて硬化させる方が、電気抵抗率を高くしやすく、試料にクラックも生じにくい。しかしこの方法では生産性が低いため、室温で加圧成形した後、加熱硬化しても良い。以上のようにして、金属磁性体の充填率65～90体積パーセント、電気抵抗率 $10^4 \Omega \cdot \text{cm}$ 程度以上、透磁率数10～100程度の複合磁性体を得る。

## 【 0 0 2 8 】

次に、本願発明の磁性素子について実施の形態を説明する。本発明の磁性体を、通常のパライト焼結体や、ダストコアのように、EE型やEI型等に加工して、ボビンに巻きつけたコイルと共に組み立て使用する事も可能ではあるが、本発明の磁性体の透磁率は、余り高くないので、有効な方法ではない。本発明の磁性体はコンポジット材料であり、粉末の金型加圧成形によって作製されるので、その成形時にコイルを粉末中に配置し、そのまま成形すれば、容易にコイルを内蔵化する事ができ、ボビン等の無駄なスペースが無くなり、磁路断面積が大きく

なって、特性が向上する。この際、内蔵するコイル形状等に特に限定はなく、丸線、平角線、箔状線などを用い、構造と用途、必要とされるインダクタンス値や抵抗値に応じたものを用いれば良いが、一軸加圧成形によって作製するので、成形時にコイルが必要以上に圧縮され、形状が変化してしまうのを防ぐためには、加圧軸方向に対して、垂直な面内に広がった形状とする事が望ましい。また、導体の表面は絶縁性樹脂で被覆されている事が望ましい。

#### 【0029】

次に、実際の作製法であるが、前述した金属磁性体粉末と絶縁性粉末と樹脂よりなる顆粒を用意し、金型中にこの顆粒の一部を入れ、その表面が平坦となるようにならす。この時、金型の上下のパンチを用いて、仮加圧成形しても良い。次に、コイルを金型中に挿入し、さらに顆粒を充填し、上下のパンチにより、本加圧成形を行う。得られた成形体を金型よりはずし、樹脂成分を加熱硬化させた後、端子部の加工を行い、磁性素子を得る。端子の取り出し方法は、必要に応じてコイルに端子を設けておき、その部分のみ金型外に出しておいて成形しても良い。

#### 【0030】

本発明の磁性体材料は、従来のダストコアとコンポジット磁性体の持つ特徴を併せ持つ。すなわち、コンポジット磁性体よりも高透磁率、高飽和磁束密度であり、ダストコアよりも高電気抵抗で、かつコイルをその内部に埋設する事により、磁路断面積を増加させる事が可能で、用途にもよるが、磁性体それ自体として、ダストコアやコンポジット磁性体よりも高特性である。また、その作製法は、粉末成形のプロセスを適用し、成形時または成形後に百数十度で樹脂の硬化処理を行うだけであるので、ダストコアのように、高圧で成形し、かつ特性を出すために高温でアニールする必要がなく、またコンポジット磁性体のように、ペースト化してこれを扱うと言った手間もなく、作製が容易で低コストである。

#### 【0031】

##### 【実施例】

以下に、本発明の実施例を説明する。

#### 【0032】

## (実施例 1)

金属磁性粉末として、平均粒径約  $13\ \mu\text{m}$  の  $96\ \text{wt}\% \text{Fe} - 4\ \text{wt}\% \text{Al}$  粉末を用意した。この粉末に、テフロン粉末を添加してよく混合した。この混合粉末に、固体状／液体状 =  $5/5$  の重量比で混合したエポキシ系熱硬化性樹脂を加えて良く混合し、 $70^\circ\text{C}$  で  $1\ \text{h}$  加熱した後、メッシュを通して整粒した。この整粒粉末を金型中にて、 $3\ \text{t}/\text{cm}^2$  前後の各種圧力で加圧成形し、型より取り出した後、 $150^\circ\text{C}$  にて  $1$  時間加熱処理して、熱硬化性樹脂を硬化させ、直径約  $12\ \text{mm}$ 、厚さ約  $1.5\ \text{mm}$  の円板状の試料を得た。

## 【0033】

これらの試料のサイズと重量から密度を計算し、この値とテフロンおよび樹脂混合量より、金属磁性体粉末の充填率を求め、テフロンと金属の充填率が（表 1）となるようにテフロン量、樹脂量、成形圧を調整して試料を作製した。比較のためテフロンを混合しない試料も作製した。得られた試料の両面に電極を押し付け、電気抵抗を電圧  $100\ \text{V}$  で測定した。次に電圧を  $\sim 400\ \text{V}$  まで  $100\ \text{V}$  刻みで高くしながら電気抵抗を測定し、電気抵抗が急激に低下する電圧を求め、その直前の電圧をもって絶縁耐圧とした。さらに、同じ条件で作製した別の円板状試料の中央に穴をあけ、巻き線を施して、磁性体としての飽和磁束密度と、 $50\ \text{kHz}$  での比初透磁率を測定した。結果を（表 1）に示した。

## 【0034】

【表 1】

	固体状/液状 混合重量比	半固化処理 条件	顆粒 流動 性	クラ ック	L 値 ( $\mu$ H)		実施例 比較例
					0 A	1 0 A	
1	1 0 / 0	2 5℃ - 2 4 h	○	有	2. 1 8	1.	比
2	1 0 / 0	7 0℃ - 1 h	○	有	2. 1 8	1.	比
3	7 / 3	7 0℃ - 1 h	○	無	2. 4 1	2.	実
4	5 / 5	2 5℃ - 2 4 h	×	無	2. 3 0	2.	実
5	5 / 5	7 0℃ - 1 h	○	無	2. 4 1	2.	実
6	5 / 5	7 0℃ - 2 h	○	無	2. 4 1	2.	実
7	5 / 5	7 0℃ - 5 h	○	無	2. 3 0	2.	実
8	3 / 7	7 0℃ - 1 h	○	無	2. 5 2	2.	実
9	0 / 1 0	2 5℃ - 2 4 h	×	無	2. 3 0	2.	比
10	0 / 1 0	7 0℃ - 1 h	△	無	2. 4 1	2.	比
11	0 / 1 0	7 0℃ - 2 h	○	無	2. 3 1	2.	比
12	0 / 1 0	7 0℃ - 5 h	○	無	2. 0 8	1.	比

## 【 0 0 3 5 】

(表 1) より明らかなように、金属の体積%が 6 0 %では、テフロンを添加しなくても初期抵抗は高いが、耐圧は低い (N o. 1)。これにテフロンを添加する事で耐圧は高くなったが (N o. 2)、飽和磁束密度と透磁率は低かった。金属を ~ 8 5 体積%へ上げていくと、透磁率と飽和磁束密度は上昇し、抵抗、耐圧は低下する傾向があるが、テフロンを 1 ~ 1 5 %とする事で、 $10^5 \Omega$ 以上の抵抗と 2 0 0 V以上の耐圧が得られた (N o. 3, 4, 6, 7, 8, 1 0)。しかし、テフロンを添加しなかった N o. 5 は抵抗、耐圧とも低く、逆にテフロン 2 0 体積%とした N o. 9 では、透磁率が低かった。金属の体積%が 9 0 %を越え

ると、テフロンや樹脂の体積％は必然的に低くなり、抵抗、耐圧は低下し、機械強度も低下した。テフロンを1～15体積％添加し、樹脂と混合し、金属磁性粉末の充填率が65～90体積％、より望ましくは70～85体積％である本発明の実施例のみ、実使用可能な特性が得られた。なお、比較のため、潤滑性のないアルミナ粉末を添加した試料も作製したが、～20体積％加えても抵抗はほとんど上昇しなかった。

## 【 0 0 3 6 】

## (実施例2)

金属磁性粉末として、平均粒径約15 $\mu$ mの97wt％Fe－2wt％Al－1wt％Si粉末を用意した。この粉末に、実施例1と同様の方法で、(表2)に示す各種絶縁性粉末と、エポキシ系熱硬化性樹脂を混合して整粒し、さらに(表2)に示す各種絶縁性粉末を添加し、成形、熱硬化して、金属磁性体が75体積％となり、樹脂が15体積％となり、各種絶縁性粉末の体積％が(表2)となる、直径約12mm、厚さ約1.5mmの円板状の試料を得た。得られた試料の電気抵抗、絶縁耐圧、比透磁率を、実施例1と同様の方法で評価した。結果を(表2)に示した。

## 【 0 0 3 7 】

【表 2】

	前添加物種 添加量(vol%)	後添加物種 添加物量 (vol%)	試料 状態	電気抵抗 ( $\Omega$ )	絶縁 耐圧 (V)	比透 磁率	実施例 比較例
1	— / —	— / —	正常	$<10^3$	$<100$	49	比
2	タルク / 6	— / —	正常	$10^6$	200	30	実
3	タルク / 4	タルク / 2	正常	$10^7$	400	30	実
4	— / —	タルク / 6	正常	$10^6$	200	30	実
5	テフロン / /10	— / —	正常	$10^6$	200	27	実
6	テフロン / 6	テフロン / 4	正常	$10^7$	300	27	実
7	— / —	テフロン / /10	正常	$10^6$	200	27	実
8	BN / 3	— / —	正常	$10^7$	300	34	実
9	BN / 2	BN / 1	正常	$10^8$	$>400$	34	実
10	— / —	BN / 3	正常	$10^7$	300	34	実
11	ステアリン酸 Zn/ 2	— / —	クラック	—	—	—	実
12	ステアリン酸 Zn/1.5	ステアリン酸 Zn/0.5	クラック	—	—	—	実
13	— /	ステアリン酸 Zn/ 2	クラック	—	—	—	実
14	ステアリン酸 Zn/0.5	ステアリン酸 Zn/0.5	正常	$10^5$	100	38	実
15	タルク / 4	ステアリン酸 Zn/0.5	正常	$10^7$	400	33	実
16	BN / 2	ステアリン酸 Zn/0.5	正常	$10^8$	$>400$	36	実
17	タルク / 4	BN / 1		$10^7$	400	31	実
18	タルク / 4	テフロン / 1	正常	$10^7$	300	29	実

【0038】

(表2)より明らかなように、無添加のNo. 1に比べ、固体潤滑剤であるタルク、テフロン、BNを添加したNo. 2~10は、より高抵抗、高耐圧化した。一方、同じ固体潤滑剤でも、ステアリン酸亜鉛を用いたNo. 11~13では、試料にクラックが生じた。これは、ステアリン酸亜鉛が低融点物質で、やや不安定であり、樹脂の熱硬化時に悪影響を及ぼしたものと考えられる。そこで、添加総量を減らしたNo. 14では、クラックは入らなくなったが、抵抗、耐圧は余り高くならなかった。従って、タルク、テフロン、BNがより望ましい。しかしながら、ステアリン酸亜鉛でも、No. 15、16のように、他の物質と組み合わせる事で、No. 2、8と比べてより高特性が得られた。このような、種類の異なる複数の添加物の前後組み合わせ使用は、No. 17、18のように、他の粉末の組み合わせでも効果があった。

#### 【0039】

##### (実施例3)

実施例1と同様に、金属磁性粉末として、平均粒径約 $10\mu\text{m}$ の $97\text{wt}\%\text{Fe}-1\text{wt}\%\text{Al}-2\text{wt}\%\text{Si}$ 粉末、タルク粉末、エポキシ系熱硬化性樹脂、BN粉末を用意した。ここで、エポキシ系熱硬化性樹脂は、(表3)に示した、固形タイプと液状タイプを用いた。なお、固体状のエポキシは、メチルエチルケトンに溶解して用いた。まず金属磁性粉末とタルク粉末を良く混合し、これにエポキシ系熱硬化性樹脂を加えてさらに混合し、これを(表3)に示した条件で加熱して液状樹脂を半固化した後、メッシュを通して製粒した。この整粒粉にBN粉末を加えて混合した。この時、金属磁性粉末、タルク粉末、熱硬化性樹脂、ステアリン酸亜鉛粉末の体積分率は、 $81:13:5:1$ とした。

#### 【0040】

次に、 $1\text{mm}$ 径の被覆銅線を用いて、内径 $4\text{mm}$ の内周5段外周4段積みの8.5ターンコイルを準備した。整粒粉末の一部を、 $10\text{mm}$ 角の金型に入れ、軽くならした後、コイルを入れ、さらに粉末を入れ、圧力 $3.5\text{t}/\text{cm}^2$ で加圧成形し、型より取り出した後、 $100^\circ\text{C}$ で1時間加熱し、さらに $160^\circ\text{C}$ にて1時間加熱処理して、熱硬化性樹脂を硬化させた。得られた成形体のサイズは $10\times 10\times 5.9\text{mm}$ であった。この磁性素子の外観観察を行い、またインダクタ

ンスを0Aと10Aで測定した。結果を(表3)に示した。

【0041】

【表3】

	固体状/液状 混合重量比	半固化処理 条件	顆粒 流動性	クラ ック	L 値( $\mu$ H)		実施例 比較例
					0A	10 A	
1	10/0	25℃-24 h	○	有	2.1 8	1.	比
2	10/0	70℃-1h	○	有	2.1 8	1.	比
3	7/3	70℃-1h	○	無	2.4 1	2.	実
4	5/5	25℃-24 h	×	無	2.3 0	2.	実
5	5/5	70℃-1h	○	無	2.4 1	2.	実
6	5/5	70℃-2h	○	無	2.4 1	2.	実
7	5/5	70℃-5h	○	無	2.3 0	2.	実
8	3/7	70℃-1h	○	無	2.5 2	2.	実
9	0/10	25℃-24 h	×	無	2.3 0	2.	比
10	0/10	70℃-1h	△	無	2.4 1	2.	比
11	0/10	70℃-2h	○	無	2.3 1	2.	比
12	0/10	70℃-5h	○	無	2.0 8	1.	比

【0042】

(表3)より明らかなように、固体状のエポキシでは、実質状半固化処理を行わない、No. 1の25℃-24h放置で、溶媒は蒸発し、流動性の良い顆粒となったが、試料の側面には、クラックが認められた。また、70℃-1h加熱したNo. 2でも、やはりクラックが観察された。また、これらの試料はL値もやや低めであった。これに対して、液状樹脂を用いたNo. 3~12では、いずれもクラックは認められなかった。粉末の流動性は、実質状半固化処理を行わない

、25℃-24 h 放置の No. 4 と 9 で低く、また液状樹脂のみで半固化処理時間の短い No. 10 もやや低かったが、その他は良好であった。また、固体/液体 = 5/5 で、処理時間を変化させた No. 5~7 では、時間による L 値の変化はほとんど認められなかった。一方、固体/液体 = 0/10 で、処理時間を変化させた No. 10~12 では、時間延長により L 値が低下した。以上のように、固体状のエポキシのみでは、クラックが入りやすく、L 値もやや低い。液体状のエポキシのみでは、半固化時間に対して、特性が不安定となりやすい。従って、両者の混合使用が最も良好な結果となった。なお、固体状のみと液体状のみでは、クラックが入らない分、液体のみが良好であった。

## 【0043】

また、これらの試料のコイル端子と素子外面、および素子外面の2ヶ所にそれぞれ鰐口クリップをはさんで、コイル端子/素子外面間および素子外面の2点間の電気抵抗を測定したところ、いずれも  $10^8 \Omega$  以上あり、また耐電圧も 400 V 以上あって、完全に絶縁されていた。コイル導体自体の電気抵抗は 4.1 m $\Omega$  であった。

## 【0044】

## (実施例4)

実施例3と同様に、金属磁性粉末として、平均粒径約 10  $\mu\text{m}$  の 96.5 wt % Fe - 3.5 wt % Al 粉末、タルク粉末、エポキシ系熱硬化性樹脂、ステアリン酸亜鉛粉末を用意した。ここでエポキシ系熱硬化性樹脂は、実施例3と同様に、固体状/液体状 = 7/3 の重量比で混合したものを用いた。まず金属磁性粉末とタルク粉末を良く混合し、これにエポキシ系熱硬化性樹脂を加えてさらに混合し、70℃で1 h 加熱した後、メッシュを通して製粒した。この整粒粉にステアリン酸亜鉛を加えて混合した。この時、金属磁性粉末、タルク粉末、熱硬化性樹脂、ステアリン酸亜鉛粉末の体積分率は、81 : 13 : 5 : 1 とした。

## 【0045】

次に、1 mm 径の被覆銅線を用いて、内径 5.5 mm の 2 段積み 4.5 ターンコイルを準備し、12.5 mm 角の金型を用いて、実施例3と同様の方法で試料を作製した。得られた成形体のサイズは 12.5 × 12.5 × 3.4 mm で、金

属粉末の充填率は78体積%であった。この磁性素子のインダクタンスを0Aと20Aで測定したところ、それぞれ1.4 $\mu$ H、1.2 $\mu$ Hと大きく、かつ電流値依存性が小さかった。次にコイル端子と素子外面、および素子外面の2ヶ所にそれぞれ鱗口クリップをはさんで、コイル端子／素子外面間および素子外面の2点間の電気抵抗を測定したところ、いずれも10<sup>8</sup> $\Omega$ 以上あり、また耐電圧も400V以上あって、完全に絶縁されていた。また、コイル導体自体の電気抵抗は3.0m $\Omega$ であった。

## 【0046】

## 【発明の効果】

以上のように、本発明の構成とする事により、高電気抵抗で高飽和磁束密度の複合磁性体材料が得られる。また、この複合磁性体を用いてコイルを内蔵化した磁性部品は、磁路断面積を有効に利用できるように、より高インダクタンスで、良好な直流重畳特性を示す。また、作製が容易で低コストである。

## 【0047】

以上のように本発明は、各種電子機器の大電流用途に適するインダクタ、チョークコイル、トランス等の磁性素子として優れており、工業的価値が大きいものである。

【書類名】 要約書

【要約】

【課題】 小型でインダクタンス値が大きく、かつ直流重畳特性の優れた磁性素子を得る。

【解決手段】 Fe、Ni、Coの合計が90重量%以上の金属磁性体粉末と、固体潤滑性を有する絶縁性粒子と、有機樹脂成分よりなり、前記金属磁性体粉末の体積分率が65～90体積パーセントである事の特徴とする、電気絶縁性複合磁性体材を用い、この複合磁性体中にコイル導体が埋設されている構造とする。

【選択図】 なし

出 願 人 履 歴 情 報

識別番号 [000005821]

1. 変更年月日 1990年 8月28日

[変更理由] 新規登録

住 所 大阪府門真市大字門真1006番地

氏 名 松下電器産業株式会社